

# Metodología para la tipificación y caracterización estructural de paisajes en comarcas forestales españolas

C. García-Feced\*, S. González-Ávila y R. Elena-Rosselló

*Departamento de Silvopascicultura. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal. Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Ciudad Universitaria, s/n. 28040 Madrid. España*

---

## Resumen

Los Planes de Ordenación de los Recursos Forestales constituyen un instrumento básico de planificación forestal de la actual Ley de Montes (43/2003) española. La escala comarcal de esta figura es adecuada para la aplicación de conceptos y métodos relativos a la ecología del paisaje. Así, en este trabajo, encuadrado dentro del proyecto ECOFOR, se muestra una metodología para el establecimiento de una tipología de paisajes en comarcas forestales y su posterior caracterización estructural. Para ello, a partir de variables abióticas, se desarrolla un modelo de Clasificación Territorial que sirve como base para la definición y delimitación de Tipos de Paisaje, en la que se integra la información biótica proveniente del Mapa Forestal de España (1:50.000). El cálculo de determinados índices de paisaje en los diferentes Tipos permite definir su composición y configuración características. Por último, en el trabajo se propone un método para la selección de cuadrículas muestrales, con utilidad para la realización de estudios de monitorización del paisaje.

El conocimiento obtenido tras el seguimiento de la metodología mostrada supone un punto de partida fundamental para el desarrollo de las siguientes fases de la elaboración de un Plan de Ordenación de los Recursos Forestales.

**Palabras clave:** PORF, mediterráneo, Clasificación Territorial, TWINSPAN, composición del paisaje, configuración del paisaje, estratificación.

## Abstract

### Methodology for the classification and structural characterization of landscapes in Spanish forest districts

The Forest Resources Management Plans are basic planning tools of the current Spanish Forest Law. Landscape ecology principles and methods on a regional scale are applicable to these Plans. This paper, part of ECOFOR project, proposes a methodology for the classification of landscapes in forest districts and the characterization of their structure. The definitive Landscape Types integrate the abiotic variables used in a previous Land Classification and the biotic information provided by the Spanish Forest Map (1:50.000). The calculation of certain landscape indices determines the characteristic composition and configuration of each Landscape Type. Finally, a method is proposed for the design of stratified sampling in landscape monitoring studies.

This methodology provides a basic starting point for further development of Forest Resources Management Plans.

**Key words:** PORF, Mediterranean, Land Classification, TWINSPAN, landscape composition, landscape configuration, stratification.

---

## Introducción

El paisaje, según Forman y Godron (1986), es «un territorio heterogéneo compuesto por un grupo de ecosistemas que interactúan y se repiten de forma similar por todo él». La ecología del paisaje es una ciencia que se centra en el estudio de las tres características fundamentales del paisaje: la estructura o patrón, la fun-

ción y la dinámica o evolución. Durante los últimos treinta años, esta rama de la ecología ha experimentado un gran auge, impulsado principalmente por el creciente interés que el estudio del paisaje ha venido adquiriendo en la gestión y conservación del medio natural y el extraordinario desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica. A nivel europeo, la importancia del análisis de los paisajes se estableció definitivamente en el Convenio Europeo del Paisaje (*Council of Europe*, 2000), el cual promovió la inclusión de esta perspectiva en las políticas y planes de

---

\* Autor para la correspondencia: [celia.garcia.feced@upm.es](mailto:celia.garcia.feced@upm.es)  
Recibido: 05-12-07; Aceptado: 06-05-08.

gestión de los recursos naturales a escalas nacionales y regionales.

En España, la actual Ley de Montes (43/2003) contempla el valor fundamental de la escala comarcal en la ordenación forestal mediante la creación de una nueva figura, los Planes de Ordenación de los Recursos Forestales (PORF). Tal y como se indica en el artículo 31 de esta Ley, los PORF son instrumentos básicos de planificación forestal cuyo ámbito de aplicación son los territorios forestales con características geográficas, socioeconómicas, ecológicas, culturales o paisajísticas homogéneas, de extensión comarcal o equivalente. El proyecto de investigación ECOFORF (2005) tiene como finalidad sentar las bases ecológicas a escala paisaje para la elaboración de dichos PORF. El trabajo que a continuación se presenta está encuadrado en ECOFORF y consiste en una propuesta metodológica para la definición, delimitación y caracterización estructural de Tipos de Paisaje en comarcas forestales a partir de una Clasificación Territorial previa. El carácter metodológico del estudio justifica la inusual extensión del capítulo de Material y Métodos.

Como fase preliminar a la elaboración de los PORF, y con el fin de modelizar los paisajes presentes en su territorio, es imprescindible realizar una clasificación multifactorial de cada comarca. Su gran extensión y el carácter táctico de los PORF (Picardo *et al.*, 2005) implican que esta modelización se debe llevar a cabo mediante procedimientos eficientes y de bajo coste. Uno de los métodos más comúnmente utilizados para la optimización de recursos es la realización previa de una Clasificación Territorial basada en factores abióticos (Bunce *et al.*, 1996; Metzger *et al.*, 2005). En España, existe actualmente una Clasificación Territorial a nivel nacional, CLATERES (Elena-Rosselló, 1997). Este artículo muestra una propuesta para la adaptación de la metodología seguida en CLATERES a la escala comarcal de los PORF.

Para el establecimiento de una tipología de paisajes es necesario considerar no solo variables abióticas, sino también factores bióticos relacionados con los usos del suelo y cubiertas vegetales presentes. Con esta premisa se han elaborado mapas a todos los niveles, entre ellos, el mundial (Bailey, 1998) y el continental europeo (Mücher *et al.*, 2003; Wascher, 2005). A escala nacional, son destacables los trabajos realizados en Inglaterra y Escocia (*Countryside Agency and Scottish Natural Heritage*, 2001) y España, con el «Atlas de los Paisajes de España» (Mata Olmo y Sanz Herraiz, 2003). El objeto principal de este «Atlas» es la identificación y caracterización de los paisajes españoles,

que se expresan en una cartografía a escala 1:700.000 basada principalmente en factores geomorfológicos y cuya taxonomía está jerarquizada en tres niveles (paisajes, tipos de paisaje y asociaciones de tipos).

En el ámbito mediterráneo se han llevado a cabo diversas experiencias a escalas regionales (*Institute of Surveying, Remote Sensing and Land Information*, 2001; Vogiatzakis *et al.*, 2006). Entre la variedad de escalas y características territoriales de las tipologías de paisajes elaboradas hasta la fecha, este artículo aporta una metodología conceptualmente sólida para la tipificación de paisajes en ámbitos geográficos con dos particularidades hasta ahora poco estudiadas: la escala comarcal y el carácter eminentemente forestal. De esta forma, el método propuesto pretende mejorar, en cuanto a resolución espacial y base forestal se refiere, la tipología de paisajes existente en la actualidad, el mencionado «Atlas de los Paisajes de España». Este «Atlas» no tiene una función estrictamente forestal por lo que, si bien es adecuado a escala nacional, no es el indicado para su uso en la elaboración de los PORF.

Una vez definidos y localizados los Tipos de Paisaje de las comarcas, se puede proceder a la evaluación de los dos componentes de su estructura, la composición y la configuración, tal y como se ha realizado en trabajos precedentes a escalas similares como el de García Feced *et al.* (2007), o a nivel nacional, como el de Elena-Rosselló *et al.* (2003), el cual analiza además la evolución y procesos a los que se han visto sometidos los paisajes rurales españoles (proyecto SISPARES). Este estudio no tiene como objetivo el análisis dinámico de los paisajes de las comarcas, pero propone un método de selección de cuadrículas muestrales a partir de la estratificación del territorio resultante de la identificación de Tipos de Paisajes. De esta forma, abre la posibilidad de llevar a cabo estudios a escalas inferiores en las comarcas, como los de monitorización de paisajes.

En definitiva, el objetivo principal de este trabajo es proponer una metodología para la tipificación y posterior caracterización estructural de paisajes en comarcas forestales. Para ello, se ha realizado un estudio piloto en las comarcas de Pinares (Soria-Burgos) y del Alto Tajo (Guadalajara).

## Material y Métodos

La comarca de Pinares, con una superficie total de 127.956 ha, se halla situada en el noroeste de la provincia de Soria y en el sureste de la de Burgos (Fig. 1). Por

su parte, la comarca del Alto Tajo se encuentra al sureste de Guadalajara (Fig. 1) y ocupa una extensión de 104.561 ha. Aunque ambas comarcas pertenecen a la España mediterránea más continental, poseen características biogeoclimáticas suficientemente diferenciadas, que permiten su contraste. Así mismo, el grado de aprovechamiento de los recursos forestales que se ha venido desarrollando en cada una de ellas presenta notables diferencias, que se expresan en sus paisajes respectivos. En concreto, la comarca de Pinares se caracteriza por la continuidad de sus masas arbóreas (el 88,75% de su superficie está incluida en el Catálogo de Montes de Utilidad Pública), en las que se sigue realizando un aprovechamiento maderero muy activo. Por el contrario, los recursos forestales de la comarca del Alto Tajo han sido aprovechados con mucha menor intensidad, lo que ha dado lugar a paisajes más heterogéneos (el 43,98% de su territorio es Monte de Utilidad Pública). De este modo, cada comarca es representativa de extensas zonas forestales de la España mediterránea más continental.

### Tipificación de paisajes

La primera fase para el establecimiento de una tipología de paisajes consistió en realizar una Clasificación Territorial basada en factores abióticos, los cuales son perdurables y relativamente constantes a escala de la vida humana (Bunce *et al.*, 1996). Tras un estudio preliminar del territorio, se seleccionaron las va-

riables abióticas más apropiadas para esta tarea, siguiendo criterios de disponibilidad de información cartográfica, trascendencia del factor ecológico a escala comarcal, ausencia de correlación entre variables e idoneidad de escala. En concreto, se escogieron las variables altitud y litología como las más adecuadas para la Clasificación. La cartografía digital utilizada fue la correspondiente al Modelo Digital del Terreno en formato ráster (resolución de 25 m) y a las hojas del Mapa Geológico a escala 1:200.000 (Instituto Geológico y Minero Español, varias fechas).

Esta información cartográfica se preparó, mediante el Sistema de Información Geográfica ArcGis 9.1 (ESRI, 2005), para la posterior aplicación del programa de clasificación automática TWINSPAN (Hill, 1979; Hill y Smilauer, 2005), el cual requiere el uso de variables discretas. En primer lugar, en cada comarca se reclasificaron los polígonos de la capa vectorial de información litológica en varias categorías, lo cual permitió la elaboración de las correspondientes capas de presencia/ausencia de Tipos Litológicos. Posteriormente, cada una de estas capas fue rasterizada con un tamaño de celda de 25 ha (500 m de lado), el cual se consideró adecuado tanto por la extensión de las zonas a clasificar como por la escala y resolución de los datos de partida. De esta forma, se generó una cartografía con 5.118 celdas en la comarca de Pinares y 4.168 celdas en el Alto Tajo. Mediante el análisis de estas capas, se seleccionaron los Tipos Litológicos más adecuados para realizar la Clasificación Territorial (Tabla 1). Así, se decidió no incluir los Ti-



**Figura 1.** Situación de las comarcas de Pinares (Soria-Burgos) y Alto Tajo (Guadalajara) en el contexto de España.

**Tabla 1.** Variables abióticas utilizadas en las Clasificaciones Territoriales

Comarca	Tipo variable	Rangos	Código
Pinares	Tipo Litológico	Calizas	CALI
		Arenas	ARNA
		Conglomerados	CONG
		Cuarzoarenitas	CUNI
	Altitud (m)	< 1.300 m	ALT1
		1.300-1.700 m	ALT2
> 1.700 m		ALT3	
Alto Tajo	Tipo Litológico	Dolomías	DOLO
		Margas	MARG
		Conglomerados	CONG
	Altitud (m)	< 1.025 m	ALT1
		1.025-1.325 m	ALT2
		> 1.325 m	ALT3

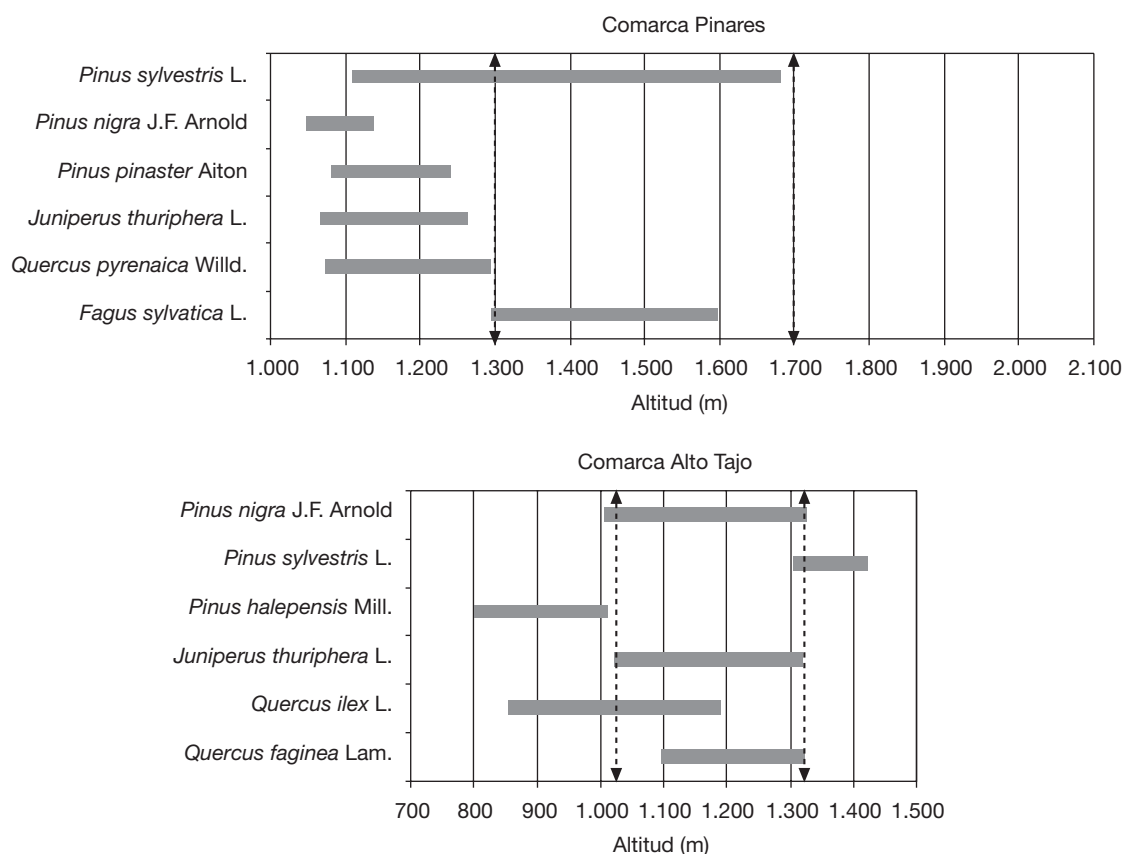
pos Litológicos con distribución generalizada por toda la comarca, baja presencia o distribución coincidente con otros Tipos.

Del mismo modo, para lograr una homogenización de los datos, se modificó la resolución del M.D.T. a 500 m. La discretización de la información fisiográfica (Tabla 1) se realizó a partir del Mapa Forestal de España 1:50.000, MFE50 (Ministerio de Medio Ambiente, 2002). Mediante el software ArcGis 9.1 (ESRI, 2005), se obtuvieron los rangos altitudinales de las especies forestales más abundantes en las comarcas. Posteriormente, basándose en la metodología propuesta por Sánchez Palomares *et al.* (1991) para el establecimiento de áreas potenciales de especies forestales, se calcularon los rangos óptimos (aquellos incluidos entre los valores Umbral Inferior y Umbral Superior, correspondientes a los percentiles 10 y 90 respectivamente) de cada una de las especies (Fig. 2). Los valores altitudinales más discriminantes fueron elegidos para la discretización de la variable. Más tarde, se generaron capas ráster en las que se recogió la

pertenencia o no de cada cuadrícula a los rangos escogidos.

En definitiva, tras el tratamiento de la información cartográfica correspondiente a la litología y la altitud, se obtuvo una tabla de datos para cada comarca que refleja la presencia/ausencia (1/0) de siete variables en Pinares (5.118 cuadrículas) y seis variables en el Alto Tajo (4.168 cuadrículas).

La tabla de datos generada a partir de las variables escogidas fue reordenada y transformada al formato *Full Format* (Hill, 1979), de modo que pudiera ser leída por el programa TWINSpan. Este software aplica un método de clasificación jerárquico, politético, divisivo y dicotómico que permitió generar de forma automática un dendrograma de Clases Territoriales para cada comarca. TWINSpan se aplicó con las siguientes especificaciones: tamaño mínimo de clase para efectuar división: 30; número máximo de atributos indicadores por división: 7; y número máximo de niveles de división: 3. Las Clases Territoriales de cada una de las comarcas fueron cartografiadas utilizando ArcGis 9.1



**Figura 2.** En gris, rangos altitudinales óptimos de las principales especies forestales de las comarcas. Las flechas indican los valores altitudinales más discriminantes.

(ESRI, 2005), y, a partir de las capas generadas, se seleccionaron las Clases más adecuadas para los objetivos del trabajo. El criterio seguido fue el de elegir las Clases del tercer nivel que formasen zonas continuas y visualizables por el hombre a nivel terreno o/y aéreo. En caso contrario, se seleccionó la Clase Territorial del segundo nivel de división de esa rama.

Posteriormente, para cada comarca, se calcularon los espectros de altitud media y de porcentaje de cuadrículas con presencia de cada Tipo Litológico.

Por último, con la información cartográfica de usos y especies arbóreas suministrada por el MFE50 (MMA, 2002) y tomando como base las Clases Territoriales seleccionadas, se fueron delimitando los Tipos de Paisaje según su composición observada. Con el fin de que las zonas trazadas reflejasen lo más fielmente posible los diferentes Tipos de Paisaje existentes, se agruparon o subdividieron determinadas Clases basándose en factores antrópicos o naturales con trascendencia para el paisaje. Entre ellos, la existencia de núcleos con un elevado porcentaje de superficies de cultivos o matorral.

Una vez cartografiados los Tipos de Paisaje definitivos, se realizó un análisis *Kappa* (Fielding y Bell, 1997) para detectar el grado de correspondencia entre dichos Tipos y las Clases Territoriales seleccionadas. Esta tarea se llevó a cabo con la extensión *Kappa analysis* 1.2 del programa ArcView 3.2.

### Caracterización estructural de los Tipos de Paisaje

Con el fin de analizar cuantitativamente la estructura del paisaje de cada comarca, se calcularon los índices espaciales del paisaje tomando como clases definidoras de las teselas los principales usos y especies arbóreas del MFE50 (MMA, 2002), previamente rasterizado con un tamaño de píxel de 15 m. Para el cálculo se utilizó la extensión *Patch Analyst 2.2* del programa ArcView 3.2, con la cual se puede realizar un análisis *Fragstats* (Mcgarigal y Marks, 1995). La com-

posición de cada Tipo de paisaje se expresó mediante los espectros de presencia de usos y especies arbóreas, y se clasificó usando básicamente la taxonomía propuesta por García del Barrio *et al.* (2003), en la que se establecen los siguientes códigos según el porcentaje de presencia de cada uso o cubierta: matricial (mayor al 50% de la superficie total), esencial (25-50%) y marginal (15-25%).

Para el análisis de la configuración, y debido a la elevada correlación entre muchos de los índices (Bolaños *et al.*, 2001; Riiters *et al.*, 1995), se hizo necesaria una selección de los más adecuados para alcanzar los objetivos propuestos (Tabla 2). Su representatividad respecto a las características estructurales que se pretenden analizar ha sido contrastada en estudios previos como el de Elena-Rosselló *et al.* (2003) o García Feced *et al.* (2007).

Con el fin de caracterizar estructuralmente la totalidad de las dos comarcas, se calcularon las medias de los índices de composición y configuración seleccionados, ponderándolas según la superficie del Tipo de Paisaje correspondiente.

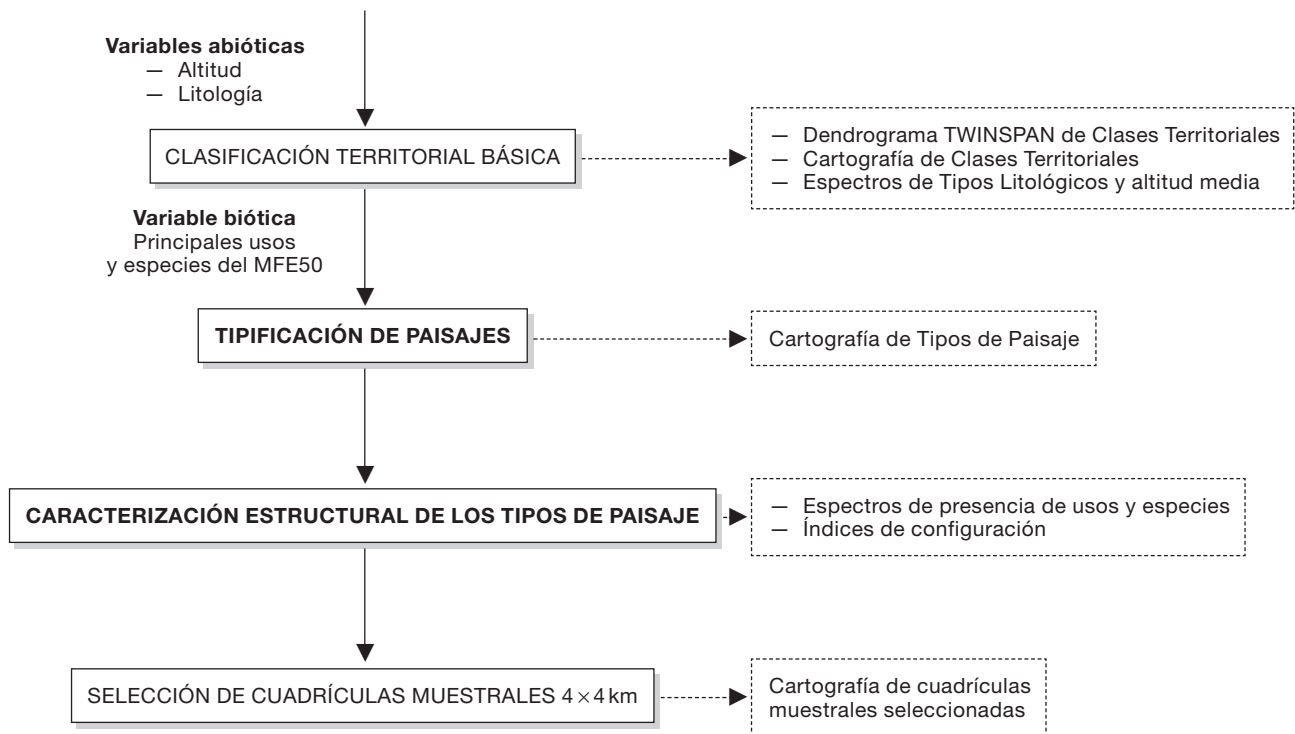
Una vez estratificado el territorio en Tipos de Paisaje, se desarrolló un método para la selección de cuadrículas muestrales de 4 × 4 km, tamaño avalado por experiencias previas como la de Turner (1991) o Elena-Rosselló *et al.* (2003). Por otra parte, es evidente que este tamaño no puede ser utilizado para todos los Tipos de Paisaje, debido a la linealidad de algunos de ellos, por lo que estos casos particulares deben ser analizados por separado.

El método se basó en generar una capa en formato ráster en la que cada «celda central» de 500 m representase el código matricial y esencial (García del Barrio *et al.*, 2003) de la composición del paisaje de la ventana de 4 × 4 km que se forma alrededor de ella. Esta composición también deriva de los principales tipos de uso y especies arbóreas determinadas en el MFE50 (MMA, 2002).

A modo de resumen, al final de todo el proceso metodológico expuesto (Fig. 3), se obtuvieron, para cada comarca forestal, unos Tipos de Paisaje que se di-

**Tabla 2.** Índices seleccionados para el análisis de la configuración del paisaje

Característica estructural	Índice del paisaje	Acrónimo	Unidades
Diversidad del paisaje	Índice de diversidad de Shannon	SDI	—
Grado de fragmentación	Densidad teselar	PD	Tes./100 ha
Complejidad de forma teselar	Índice medio de forma	MSI	—
Conectividad	Distancia media al vecino de la misma clase	MNN	m



**Figura 3.** Esquema metodológico propuesto, mostrando sus fases y resultados.

ferencian por sus factores abióticos (altitud y litología) y su estructura del paisaje característica, y en los que es posible situar coherentemente unas cuadrículas muestrales representativas.

## Resultados

Los resultados iniciales del proceso de Clasificación Territorial de las comarcas son los dendrogramas generados mediante TWINSpan (Figs. 4 y 5) en los que se muestran las seis Clases seleccionadas en ambas comarcas.

Su distribución espacial se representa en las Figuras 8 y 9 en las que se observa el desigual reparto superficial de las distintas Clases (con el mismo color que en los dendrogramas) que, en general, ocupan zonas continuas.

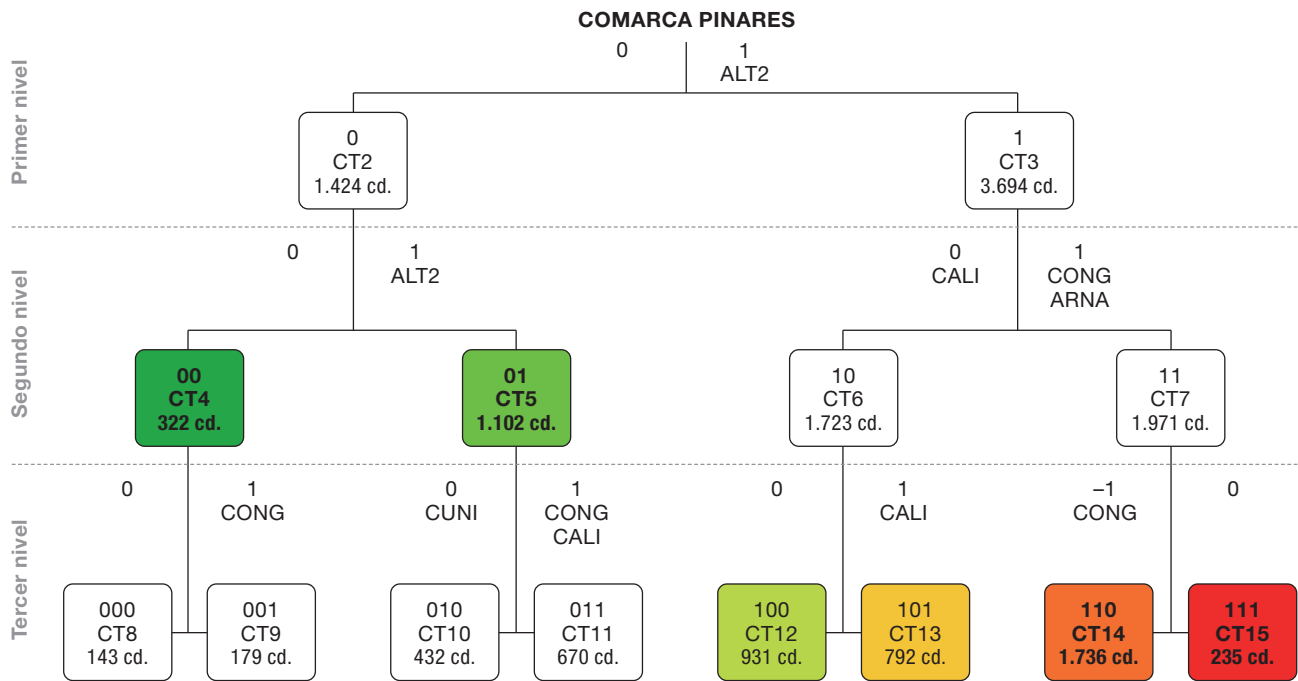
Los gráficos de la Figura 6 muestran el claro gradiente altitudinal que siguen las Clases Territoriales seleccionadas.

En relación a los espectros de Tipos Litológicos (Fig. 7), en ambos se observa una clara diferenciación entre Clases ya que en todas menos en tres existen Tipos Litológicos predominantes con más de un 70% de presencia.

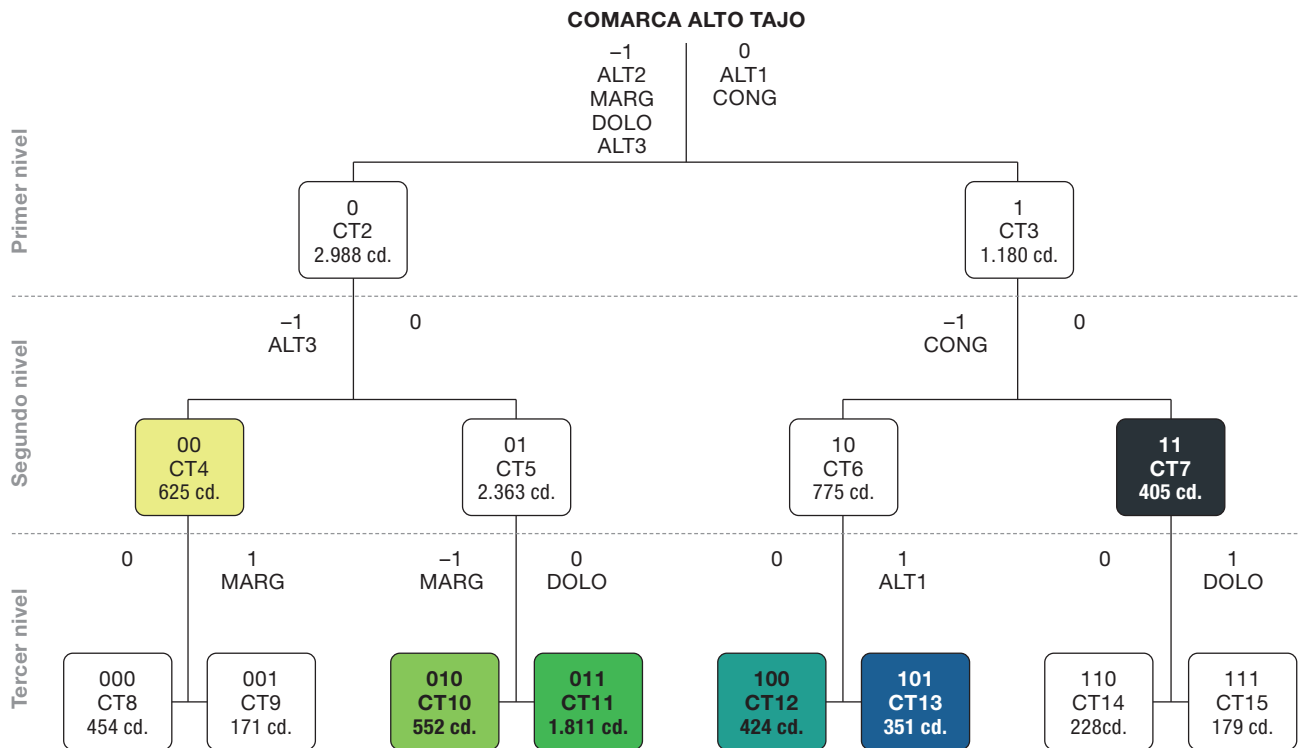
En total, se establecieron siete Tipos de Paisaje diferentes según su composición característica en la comarca de Pinares (Fig. 8). La Clase Territorial 14 se subdividió en dos Tipos de Paisaje ya que en la zona más al norte (Tipo de Paisaje 5) existe una concentración de núcleos de población y cultivos ausente en los terrenos más meridionales (Tipo de Paisaje 6), donde predominan totalmente los pinares. El resto de Tipos de Paisaje se delimitaron a partir de Clases Territoriales únicas mostrando un elevado grado de ajuste.

En la comarca del Alto Tajo se diferenciaron seis Tipos de Paisaje (Fig. 9). Se puede observar que la Clase Territorial 11 dio lugar a dos Tipos de Paisaje diferentes según su composición. Esto es debido a que en las zonas más al norte y al este (Tipo de Paisaje 3) hay una presencia considerable de sabinars, inexistente en la zona central al otro lado del río Tajo (Tipo de Paisaje 2), donde predomina totalmente el *Pinus nigra* J.F. Arnold. Por otra parte, las Clases 10 y 12 se agruparon para formar el Tipo de Paisaje 4, que, debido a la mezcla de cultivos, matorral y especies forestales que en él se da, está caracterizado por su heterogeneidad.

Los resultados del análisis *Kappa* (Fielding y Bell, 1997) de correspondencia entre las superficies de las



**Figura 4.** Dendrograma generado mediante TWINSpan para la comarca de Pinares. En cada nodo quedan reflejados los códigos de las variables indicadoras. Se indica la numeración de cada Clase Territorial (CT) y las cuadrículas (cd.) que ocupa. En color, se destacan las Clases seleccionadas.



**Figura 5.** Dendrograma generado mediante TWINSpan para la comarca del Alto Tajo. En cada nodo quedan reflejados los códigos de las variables indicadoras. Se indica la numeración de cada Clase Territorial (CT) y las cuadrículas (cd.) que ocupa. En color, se destacan las Clases seleccionadas.

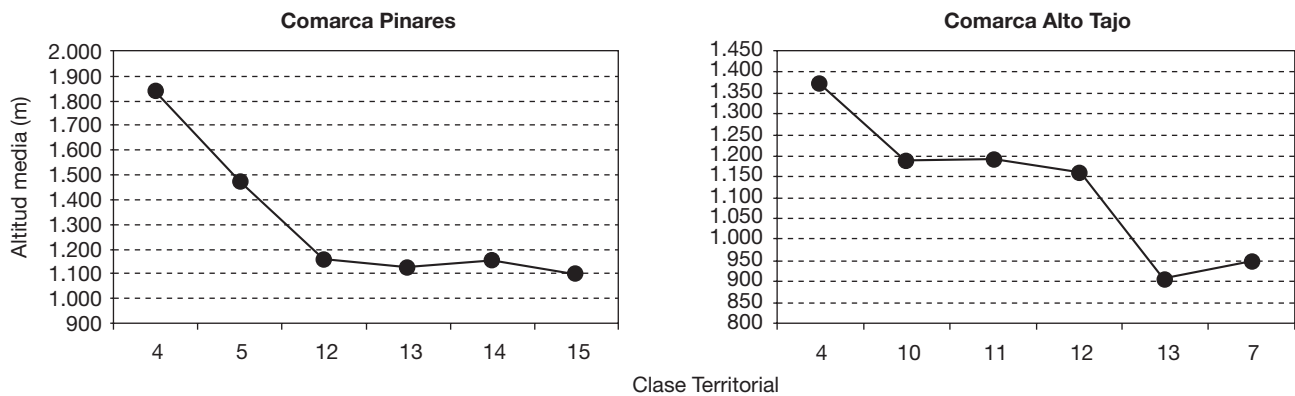


Figura 6. Espectros de altitud media de las Clases Territoriales seleccionadas.

Clases Territoriales y los Tipos de Paisaje definitivos fueron del 72,66% de precisión total en la comarca de Pinares y del 57,91% en la del Alto Tajo.

A partir de los espectros de presencia de los principales tipos de uso y especies arbóreas (Fig. 10), se puede constatar que todos los Tipos de Paisaje tienen una composición característica. Del cálculo de la media ponderada por la superficie de los porcentajes obtenidos, se desprende que la comarca de Pinares en su totalidad tiene una presencia matricial de *Pinus sylvestris* L. mientras que la del Alto Tajo muestra una presencia esencial de *Pinus nigra* J.F. Arnold y una marginal de *Juniperus thuriphora* L.

En la Tablas 3 y 4 se muestran los cuadros que resumen la caracterización abiótica y biótica de los Tipos de Paisaje, así como sus equivalencias con las Clases Territoriales. En ellas, también se pueden observar los códigos de los paisajes según la composición de usos y especies arbóreas indicados en la Figura 10, sus

índices de configuración y el porcentaje de la superficie total de la comarca que representan. Así mismo, se muestran las medias ponderadas por la superficie de los índices de configuración de la totalidad de las comarcas.

Los mapas de la Figura 11 muestran la elegibilidad de cuadrículas muestrales de 4x4 km en los Tipos de Paisaje no lineales (el 7 de Pinares y el 6 del Alto Tajo son la excepción) según el método expuesto. Como alternativa para asegurar la representatividad de las muestras 4x4 km, se propone seleccionar para cada Tipo de Paisaje una «celda central» (Fig. 11) que tenga el color correspondiente a su código matricial y esencial característico y permita que la cuadrícula de 4x4 km que se forme alrededor de ella tenga por lo menos el 90% de su superficie dentro del Tipo de Paisaje en cuestión. En las Tablas 3 y 4 se muestra la equivalencia existente entre los códigos de caracterización de los Tipos de Paisaje y los códigos pertenecientes a cada «celda central».

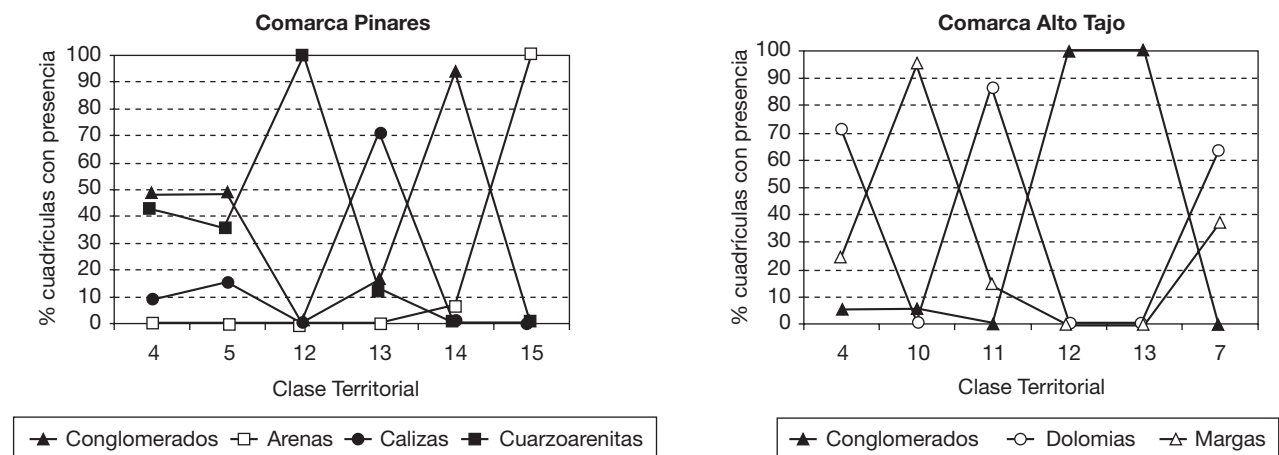
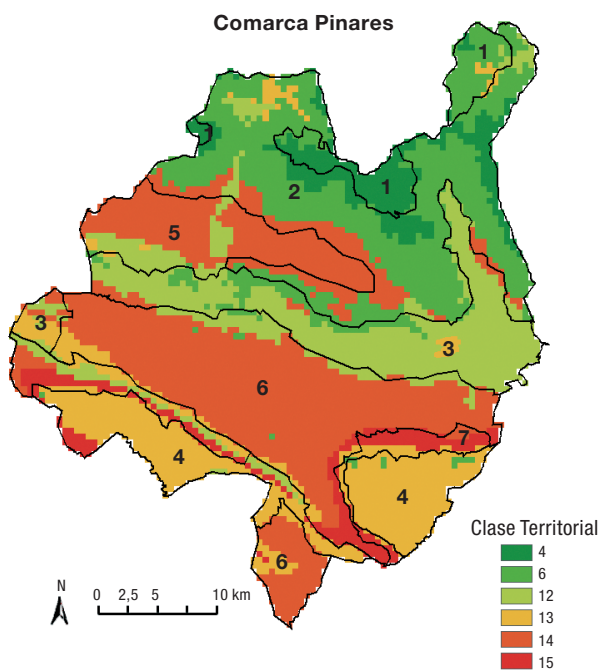


Figura 7. Espectros de porcentaje de cuadrículas con presencia de los Tipos Litológicos en las Clases Territoriales seleccionadas.

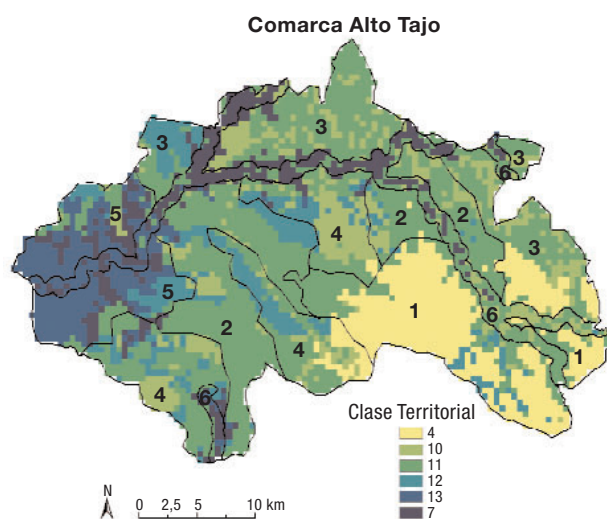




**Figura 8.** Mapa de superposición de los Tipos de Paisaje (numeración en el interior de los recintos) sobre las Clases Territoriales de la comarca de Pinares.

### Discusión

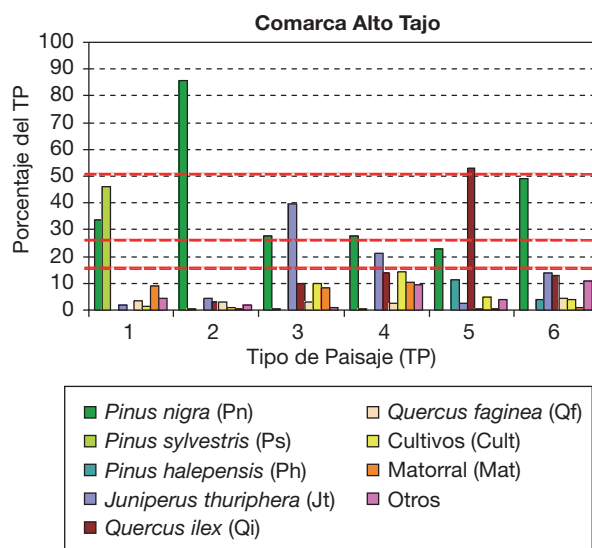
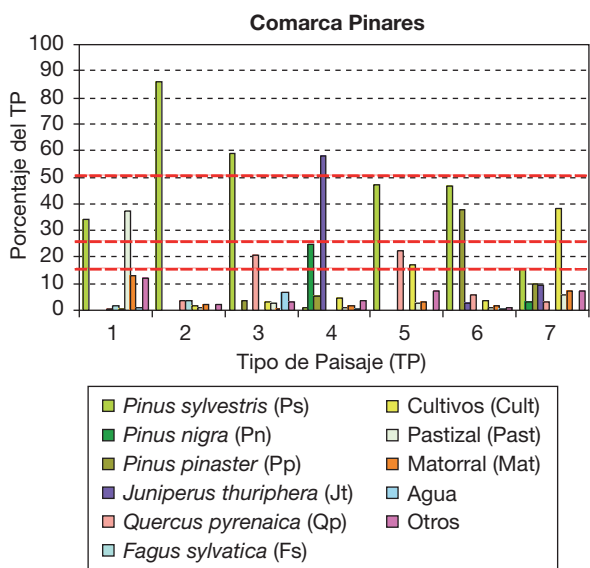
El método seguido para la Clasificación Territorial y la caracterización abiótica está basado en CLATERES (Elena-Rosselló, 1997), pero incorpora particu-



**Figura 9.** Mapa de superposición de los Tipos de Paisaje (numeración en el interior de los recintos) sobre las Clases Territoriales de la comarca del Alto Tajo.

laridades necesarias para su aplicación en el ámbito comarcal y forestal, entre ellas la adecuada selección de variables y la discretización específica de los datos. Se constata de esta forma la utilidad del programa TWINSPAN para la generación automática de Clases Territoriales según un gradiente multifactorial.

Los porcentajes resultantes del análisis *Kappa* muestran el elevado grado de ajuste entre las Clases Territoriales seleccionadas y los Tipos de Paisaje delimitados posteriormente según la composición de usos



**Figura 10.** Caracterización de los Tipos de Paisaje mediante los espectros de presencia de los principales usos y especies arbóreas de las comarcas. Las líneas rojas representan los valores determinantes de los códigos de presencia matricial (> 50%), esencial (25-50%) y marginal (15-25%).

**Tabla 3.** Caracterización biótica y abiótica de los Tipos de paisaje y las Clases Territoriales seleccionadas en la comarca de Pinares

Clases Territoriales	Altitud media (m)	Tipos Litológicos	Tipo paisaje	Código matricial	Código esencial	Código marginal	PD	MSI	SD	MNN	% sup. total
4	1.837	CONG y CUNI	1		Past, Ps		2,50	2,14	1,42	438,2	4,87
5	1.467	CONG y CUNI	2	Ps			1,20	2,00	0,64	423,0	26,88
12	1.160	CUNI	3	Ps		Qp	2,11	1,89	1,30	279,8	15,30
13	1.130	CALI	4	Jt	Pn		2,71	2,08	1,24	294,7	11,93
14	1.154	CONG	5		Ps	Qp, Cult	1,59	2,34	1,40	248,0	8,80
			6		Ps, Pp		2,03	1,86	1,27	211,9	26,44
15	1.103	ARNA	7		Cult	Ps	6,00	2,03	1,88	195,4	5,77
Total				Ps			2,11	1,99	1,16	302,1	100

y cubiertas vegetales expresados en el MFE50. Si bien existen otros métodos para la identificación de usos del suelo y cubiertas, el MFE50 es una fuente cartográfica disponible, sólida y con una fiabilidad aceptable a escala comarcal. Así, por ejemplo, la realización de una clasificación supervisada mediante técnicas de teledetección podría proporcionar una cartografía más precisa, pero su coste es elevado, dada la necesidad de validación con trabajo de campo.

Los espectros de estos Tipos ponen a su vez de manifiesto la validez de las Clases en las que se basaron, ya que constatan la correspondencia existente entre la información abiótica o activa y la información biótica o pasiva. En definitiva, el contraste de las Clases Territoriales con la información biótica disponible (MFE50), ha permitido demostrar la idoneidad de la Clasificación Territorial como base para la tipificación de los paisajes en comarcas forestales.

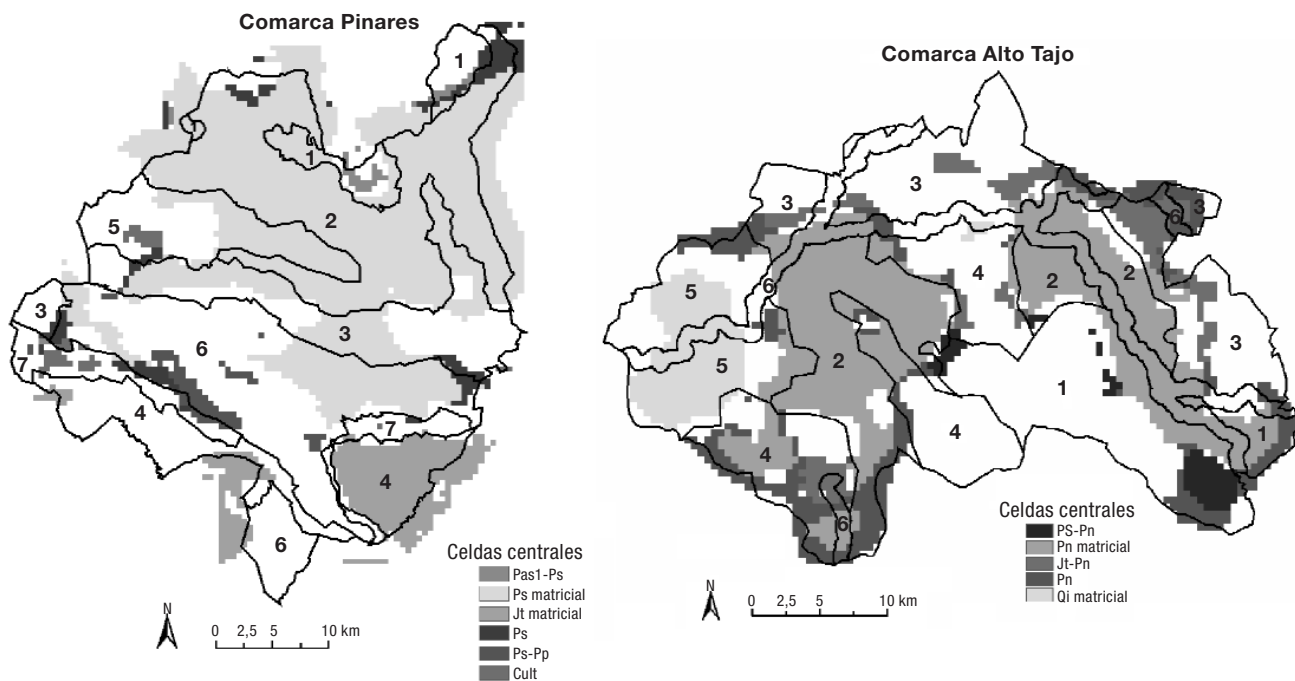
Los Tipos de Paisaje obtenidos se compararon con los establecidos en el «Atlas de los Paisajes de España» (Mata Olmo y Sanz Herraiz, 2003).

La Figura 12 muestra el número de «tipos de paisajes» y «paisajes» delimitados en cada mapa. La concepción de «paisaje» de la taxonomía del «Atlas» es equivalente a la de los diferentes recintos que forman cada Tipo de Paisaje según esta metodología.

Como se puede observar, la tipología propuesta discrimina en todos los casos un mayor número de «tipos de paisajes» y «paisajes» que el «Atlas». Son destacables las diferencias que se producen en la comarca del Alto Tajo. El método expuesto posee, por tanto, una mejor resolución que el «Atlas». Las causas principales de este contraste son, en primer lugar, la diferencia de escala entre ambas tipologías, y, en segundo lugar, los factores dominantes escogidos para su elaboración. En este sentido, el «Atlas» está basado principalmente en la geomorfología, los usos del suelo y otros factores culturales, mientras que los Tipos de Paisaje resultantes de la metodología propuesta derivan, además de éstas, de otras variables como la li-

**Tabla 4.** Caracterización biótica y abiótica de los Tipos de paisaje y las Clases Territoriales seleccionadas en la comarca del Alto Tajo

Clases Territoriales	Altitud media (m)	Tipos Litológicos	Tipo paisaje	Código matricial	Código esencial	Código marginal	PD	MSI	SD	MNN	% sup. total
4	1.372	DOLO	1		Ps, Pn		0,86	2,17	1,34	495,3	17,01
11	1.191		2	Pn			1,09	1,94	0,67	573,6	19,60
			3		Jt, Pn		1,65	2,24	1,56	360,3	19,96
10	1.189	MARG	4		Pn	Jt, Qi, Cult	1,51	2,44	1,81	361,9	19,23
12	1.157	CONG									
13	904		5	Qi		Pn	1,13	2,22	1,35	403,4	12,10
7	949	DOLO y MARG	6		Pn		2,34	2,13	1,58	646,2	12,11
Total					Pn	Jt	1,40	2,19	1,37	465,3	100



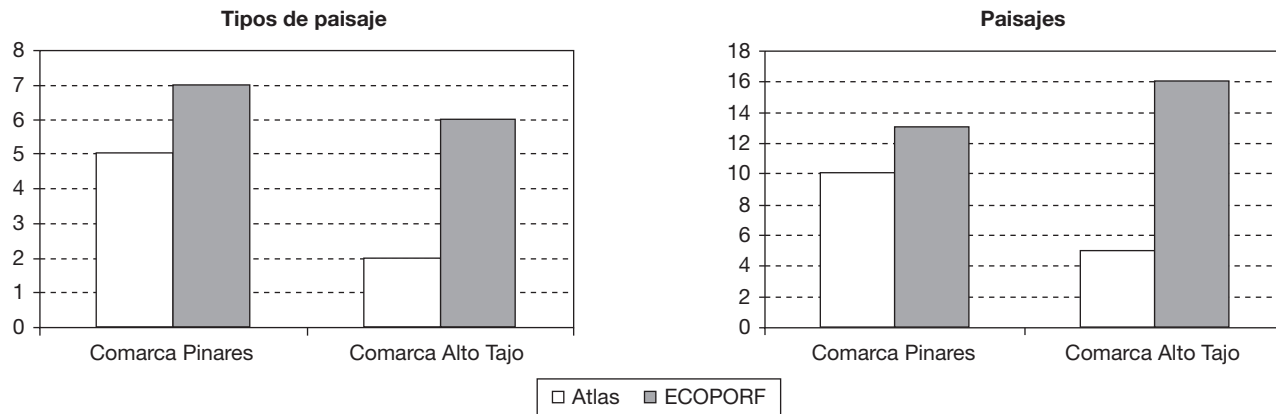
**Figura 11.** Mapas de composición del paisaje por ventanas de 4×4 km alrededor de la «celda central» para las comarcas de Pinares (izquierda) y del Alto Tajo (derecha).

tología o la cubierta vegetal más específica de las comarcas, aspectos que se han considerado esenciales para la tipificación de paisajes en espacios forestales. De este modo, la tipología ECOPORF posee un mayor realismo biológico, al tener en cuenta factores relevantes para las especies de flora y fauna. Este hecho pone de manifiesto su utilidad para la gestión y planificación forestal.

Por tanto, si bien en España ya existe una tipología de paisajes a escala nacional, el «Atlas de los Paisajes

de España» (Mata Olmo y Sanz Herraiz, 2003), el procedimiento expuesto viene a cubrir un hueco metodológico derivado del carácter comarcal y la vocación eminentemente forestal de los territorios a los que se refiere. El método propuesto ha sido validado para su uso en un ámbito geográfico concreto, el mediterráneo más continental, lo que abre la puerta para su desarrollo en otras regiones.

En este trabajo, la finalidad del cálculo de índices de configuración ha sido meramente descriptiva. Así,



**Figura 12.** Comparativa entre la tipología ECOPORF y la del «Atlas de los paisajes de España».

si se comparan las medias ponderadas por la superficie de los índices de configuración de la totalidad de las comarcas, se puede destacar el mayor grado de fragmentación de la de Pinares. Sin embargo, también presenta mayor continuidad según la distancia media entre teselas de la misma clase. Con respecto a la complejidad teselar y la diversidad, las comarcas no muestran unas diferencias destacables.

Los Tipos de Paisaje establecidos sirven de base para la realización de futuros estudios en los que se determine la escala (grano y extensión) de cálculo de índices en comarcas forestales que permita una mayor discriminación entre Tipos. Así mismo, esta tipología es de utilidad para el desarrollo de otros trabajos que profundicen en aspectos funcionales de los paisajes. En concreto, la representación cartográfica de la heterogeneidad paisajística de las comarcas, en la cual se identifican aspectos claves para la fauna, proporciona un punto de partida fundamental para el estudio de la conectividad de sus hábitat, ya sea desde una concepción multiespecie del territorio como particularizando para ciertas especies emblemáticas.

A modo de resumen, a partir de los resultados obtenidos en las dos comarcas piloto, se ha verificado la validez de la metodología propuesta para la tipificación y caracterización estructural de paisajes en comarcas forestales con base en una Clasificación Territorial previa.

La principal ventaja de esta metodología es que, partiendo de fuentes cartográficas fácilmente disponibles, y mediante el empleo de técnicas SIG y el programa de clasificación automática TWINSpan, permite una tipificación de paisajes multifuncional y conceptualmente sólida desde el punto de vista ecológico. Se trata, en definitiva, de un procedimiento eficiente, de bajo coste y con una elevada objetividad. Además, da lugar a una estratificación del territorio de gran utilidad para la realización de estudios de monitorización de paisajes forestales, una vez verificado que en todos los Tipos de Paisaje no lineales se puede poner en práctica el método de «celdas centrales» para la selección de cuadrículas representativas de su composición.

Por consiguiente, la metodología propuesta es una herramienta muy aplicable a la elaboración de los PORF. El conocimiento que proporciona de los paisajes de la comarca forestal es fundamental como fase previa al diagnóstico de su estado actual y al análisis de sus riesgos y potencialidades. Esta interpretación es la base para una correcta decisión de los objetivos de la planificación. Sin duda, el leitmotiv del proyec-

to ECOPORF en general y de este trabajo en particular es que las metodologías propuestas sean tomadas como referencia y llevadas a la práctica por aquellos gestores forestales involucrados en la realización de un Plan de Ordenación de los Recursos Forestales (PORF).

## Agradecimientos

El presente trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia en el marco del proyecto de Investigación AGL2005-06648 titulado «Bases ecológicas a escala paisaje para la elaboración de los PORF: estudio piloto en dos comarcas forestales representativas de España (ECOPORF)».

## Referencias bibliográficas

- BAILEY R.G., 1998. Ecoregions: the ecosystem geography of the oceans and continents. Springer-Verlag, New York, USA.
- BOLAÑOS F.J., GARCÍA DEL BARRIO J.M., SÁNCHEZ-PALOMARES O., CAMACHO G., ELENA-ROSSELLÓ R., 2001. Tendencias evolutivas en paisajes con rebollo (*Quercus pyrenaica* Willd.) durante el periodo 1986-1984. Valoración del significado de algunos índices de paisaje. III Congreso Forestal Español. Tomo I.
- BUNCE R.G.H., BARR C.J., CLARKE R.T., HOWARD D.C., LANE A.M.J., 1996. Land classification for strategic ecological survey. *Journal of Environmental Management* 47, 37-60.
- COUNCIL OF EUROPE, 2000. European landscape Convention. Report and Convention, Florence.
- COUNTRYSIDE AGENCY AND SCOTTISH NATURAL HERITAGE, 2001. Landscape character assessment – Guidance for England and Scotland. Countryside Agency Publications. 84 pp.
- ELENA-ROSSELLÓ R., 1997. Clasificación biogeoclimática de España peninsular y balear. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- ELENA-ROSSELLÓ R., BOLAÑOS F., CAMACHO G., GONZÁLEZ-ÁVILA S., YÁÑEZ A., 2003. Informe final del convenio análisis de la dinámica espacial y temporal de los paisajes rurales españoles. DGCONA-UPM. Inédito.
- ESRI, 2005. ArcGis versión 9.1. Redlands, CA.
- FIELDING A.H., BELL J.F., 1997. A review of methods for the assessment of predictive errors in conservation presence/absence models. *Environmental Conservation* 24(1), 38-49.
- FORMAN R.T.T., GODRON M., 1986. Landscape ecology. John Wiley & Sons, New York.
- GARCÍA DEL BARRIO J.M., BOLAÑOS F., ELENA-ROSSELLÓ R., 2003. Clasificación de los paisajes rurales españoles según su composición espacial. *Invest Agrar: Sist Recur For* 12(3), 5-17.

- GARCÍA FECED C., ESCRIBANO BOMBÍN R., ELENA-ROSSELLÓ R., 2007. Comparación de la estructura de los paisajes en parques naturales fronterizos: Arribes del Duero *versus* Douro Internacional. Montes 91, 8-14.
- HILL M.O., 1979. TWINSpan: a FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes. Cornell University Press, New York.
- HILL M.O., SMILAUER P., 2005. TWINSpan for Windows version 2.3. Centre for Ecology and Hydrology, University of South Bohemia, Huntingdon & Ceske Budejovice.
- INSTITUTE OF SURVEYING, REMOTE SENSING AND LAND INFORMATION (IVFL), 2001. Landscape typology and indicators for nature protection. ENVIP-Nature APPEDIXES. DRAFT final report. University of Agricultural Sciences Vienna, Austria. ENVIP-Nature Project Co-ordination.
- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA, varias fechas. Mapa Geológico de España 1:200.000.
- MATA OLMO R., SANZ HERRAIZ C. (eds), 2003. Atlas de los paisajes de España. Ministerio de Medio Ambiente de España, Madrid. 683 pp.
- MCGARIGAL K., MARKS B.J., 1995. FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. USDA For Serv Gen Tech Rep. PNW-351.
- METZGER M.J., BUNCE R.G.H., JONGMAN R.H.G., MÜCHER C.A., WATKINS J.W., 2005. A climatic stratification of the environment of Europe. *Global Ecology & Biogeography* 14, 549-565.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (MMA), 2002. Mapa forestal de España escala 1:50.000 (MFE50).
- MÜCHER C.A., BUNCE R.G.H., JONGMAN R.H.G., KLIJN J.A., KOOMEN A., METZGER M., WACHER D.M., 2003. Identification and characterization of environments and landscapes in Europe. Wageningen, Alterra, Green World Research. Alterra-Report 832. 113 pp.
- PICARDO A., ARAMBURU B., BENGEOA J., ESPINOSA J.R., 2005. Los planes de ordenación de los recursos forestales (PORF) como instrumentos de planificación forestal y de ordenación del territorio». II Conferencia Internacional sobre Estrategias sobre prevención de incendios en el Sur de Europa, Barcelona.
- RIITTERS K.H., O'NEILL R.V., HUNSAKER C.T., WICKHAM J.D., YANKEE D.H., TIMMINS S.P., JONES K.B., JACKSON B.L., 1995. A factor analysis of landscape pattern and structure metrics. *Landscape Ecol* 10, 23-40.
- SÁNCHEZ PALOMARES O., RUBIO A., BLANCO A., 2004. Definición y cartografía de las áreas potenciales fisiográfico-climáticas de hayedo en España. *Invest Agrar: Sist Recur For*, Fuera de serie, 13-62.
- TURNER M.G., 1991. Landscape changes in nine rural counties in Georgia. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 56, 379-386.
- VOGIATZAKIS I.N., GRIFFITHS G.H., MELIS M.T., MARINI A., CAREDDU M.B., 2006. Landscape typology in the Mediterranean context: a tool for habitat restoration. *Journal of Mediterranean Ecology* 7(1-2-3-4), 23-30. Firma Effe Publisher, Reggio Emilia, Italy.
- WASCHER D.M. (ed), 2005. European landscape character areas – Typologies, cartography and indicators for the assessment of sustainable landscapes. Final project report as deliverable from the EU's accompanying measure project European landscape character assessment initiative (ELCAI), funded under the 5<sup>th</sup> Framework Programme on Energy, Environment and Sustainable Development. 150 pp.